



Màster universitari en **Formació del Professorat d'Educació Secundària
Obligatòria i Batxillerat, Formació Professional i Ensenyament d'Idiomes**

Treball de fi de màster

Títol: Les Arts Gràfiques per persones amb daltonisme i altres problemes visuals

Cognoms: Carrete Marín

Nom: Marta

Titulació: Màster en Formació del Professorat d'Educació Secundària Obligatòria i Batxillerat, Formació Professional i Ensenyament d'Idiomes

Especialitat: Formació Professional

Director/a: Maria José Casany

Data de lectura: 30 de juny de 2016



ÍNDIX

Introducció	3
Definició i context del problema	4
1. La percepció del color	4
1.1 Què és el color	4
1.1.1 La longitud d'ona	6
1.2 La percepció del color	6
1.3 El daltonisme: deficiències en la percepció del color	8
1.3.1 Tipologia	9
1.3.1.1 Acromatòpsia	9
1.3.1.2 Monocromatisme	10
1.3.1.3 Dicromatisme	10
1.3.1.4 Tricromatisme	11
1.3.2 Diagnòs del daltonisme	11
1.3.3 El daltonisme en el disseny	13
Descripció de la solució proposada	15
2. Daltonisme en l'educació	15
2.1 El mètode ColorADD	16
2.1.1 Les xifres	17
2.1.2 Utilització del codi	18
3. Posada en pràctica del sistema ColorADD	20
3.1 Material i procediment	20
Conclusions	23
Bibliografia	24

INTRODUCCIÓ

Al voltant del 8% de la població mundial masculina pateix el que s'anomena *ceguera de colors* o *daltonisme*, un trastorn hereditari que provoca que les persones confonguin uns determinats colors amb uns d'altres o que fins i tot no siguin capaços de veure en color i la seva visió es limiti al blanc i negre.

Aquest trastorn afecta la vida quotidiana de les persones que el pateixen en diferents àmbits, com el de l'alimentació, el transport, la senyalètica, la moda i, per suposat, en l'educació i en la seva vida professional. Les persones daltòniques no poden arribar a tot un seguit d'activitats professionals, com ara tots aquells relacionats amb temes aeris (pilots, enginyers aeris, controladors de tràfic aeri...) o amb el transport (conductors de tren, d'autobús, mariners...). Tampoc poden arribar a ser policies (més enllà d'un cert nivell), bombers, treballar en laboratoris o en el món gràfic (dissenyadors gràfics, industrials, tèxtils...).

És per això que en els ensenyaments secundaris gràfics, dins de les famílies d'Arts Gràfiques i Arts Plàstiques, no es troben alumnes daltònics o que aquests tinguin un cert recel a l'hora d'apuntar-se. Per tal de poder ajudar-los en els seus estudis em vaig proposar estudiar aquest trastorn i trobar alguna metodologia d'aprenentatge que pogués ser eficaç a l'hora d'ensenyar el color als futurs dissenyadors gràfics.

Així doncs, per poder entendre el daltonisme, en aquest treball es comença amb una introducció sobre què és el color, com es forma i com es percep. Tot seguit, es fa un repàs a què és exactament la ceguera de colors, per què es dona i quina tipologia de daltònics podem arribar a trobar en una aula de secundària, ja que cadascuna tindrà unes necessitats especials a l'hora de seguir el ritme habitual de la classe.

A continuació ens centrarem en el tema de l'educació i en el sistema ColorADD, creat pel dissenyador gràfic portuguès Miguel Neiva i basat en la síntesis additiva del color, que el representa a partir de símbols gràfics senzills i la combinació d'aquests per representar el to, la saturació i la lluminositat dels colors bàsics.

Finalment, es detallarà un protocol d'estudi per veure si el sistema ColorADD podria arribar a funcionar bé en una aula de secundària, aplicant-lo a una pràctica habitual que es realitza amb els i les alumnes d'Arts Gràfiques, tant de grau mig com de grau superior.

DEFINICIÓ I CONTEXT DEL PROBLEMA

1. La percepció del color

Existeixen una gran multitud de problemes que afecten directament a la visió, com ara els de refracció (on s'engloba la miopia, hipermetropia, astigmatisme o la presbícia) o els **problemes en la percepció del color**, que són els que centraran aquest treball. Abans però cal entendre què és el color i com el percebem.

1.1 Què és el color

El color com a tal no existeix, ja que el color no és res més que una percepció visual generada per la llum. És a dir, tots els objectes absorbeixen i reflexen ones electromagnètiques que les capta l'ull i posteriorment el cervell s'encarrega d'interpretar aquestes ones segons la seva longitud d'ona.

El primer en demostrar que la llum es podia descomposar va ser Isaac Newton (1642-1519), qui va preparar el següent experiment: a una habitació completament a les fosques va deixar passar un raig de llum que anava a topar contra un prisma triangular que absorbia aquesta llum i la reflectia contra una paret, de manera que es podien observar els colors bàsics: vermell, taronja, groc, verd, blau i violeta. Quan la llum travessa el prisma cada color el travessa a diferent velocitat i surten reflexats amb un angle diferent.

Així doncs, Newton va aconseguir demostrar que la llum estava formada per la suma de tots els colors, però no va saber per què. Avui sí que es coneix que el color són ones i cadascun correspon a una **longitud d'ona diferent**.

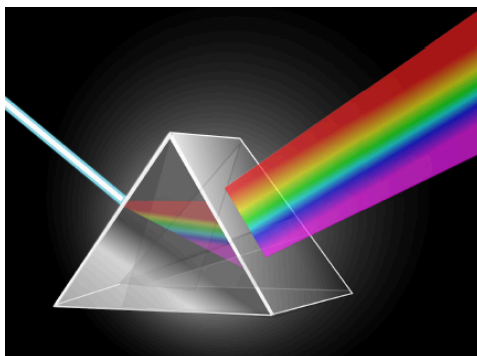


Figura 1. Prisma de Newton

A la retina de l'ull humà, i d'alguns animals, trobem unes cèl·lules sensibles anomenades **fotoreceptors**, que es classifiquen en dos: els **cons** i els **bastons**. Els primers són els encarregats de percebre el color i n'hi ha de tres tipus: els que són sensibles a l'ona corresponent a la llum vermella, la verda i la blava. Segons Murch (1984), el 64% dels cons són sensibles al vermell, el 32% ho són al verd i només un 2% ho són al blau.

Els bastons, per la seva banda, són els responsables de que puguem veure amb baixa lluminositat ja que són les detectors del contrast. Són més sensibles que els cons i són els responsables de la visió nocturna i perifèrica.

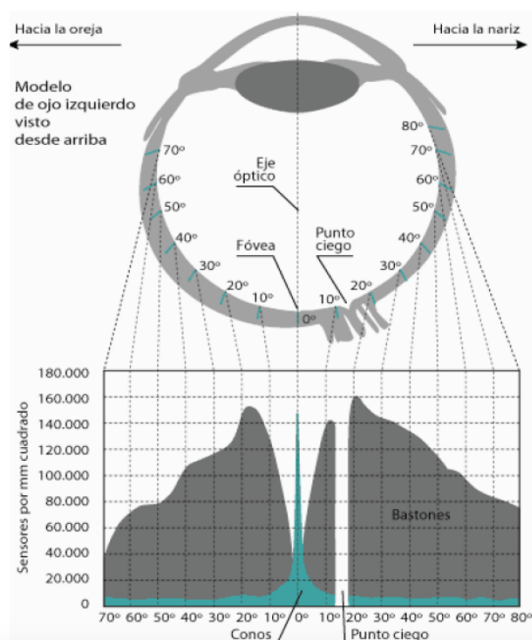


Figura 2. Distribució dels cons i dels bastons a la retina segons l'angle visual.
Umanzor (2009)

Tant els cons com els bastons es connecten amb el cervell, mitjançant el nervi òptic, que és on té lloc el procés d'interpretació del color.

Un objecte, per tant, té color quan, amb preferència, reflexa les radiacions corresponents a un determinat color. Per exemple, el color blanc es visualitza quan es reben tots els colors del espectre (vermell, verd i blau) i l'objecte els torna reflexats. El negre es veu quan absorbeix tots els colors sense reflexar-ne cap.

D'aquesta manera, hi ha dos tipus de **síntesis del color**:

- **Síntesis additiva**: utilitza la llum vermella, verda i blava per produir la resta de colors. Són els colors llum, els que utilitzen els monitors i les televisions.

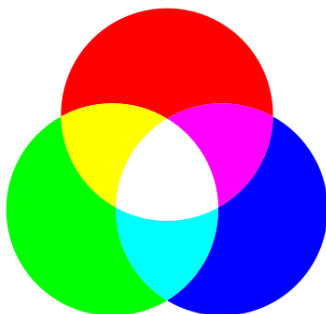


Figura 4. Síntesis additiva del color

- **Síntesis sostractiva**: és la que es refereix al color com a pigment. Els **pigments** són compostos que absorbeixen certes longituds d'ona (sostreu) i en reflexen unes altres. Contra més pigments es barregen, s'obté un color més fosc. Els seus colors primaris són el cian, el magenta i el groc, els colors bàsics de la impressió.

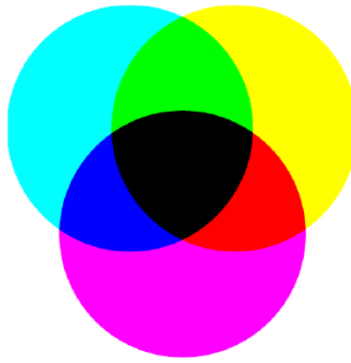


Figura 5. Síntesis sostractiva del color

1.1.1 La longitud d'ona

La longitud d'ona és una propietat física de la llum. Aquesta longitud es mesura mitjançant **nanòmetres** (nm), que equival a una mil milionèsima part d'un metro ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$).

El que s'anomena **espectre visible** del color és la longitud d'ona que va dels 400 als 750 nanòmetres. El blanc reflexa per igual totes les longituds d'ona de l'espectre visible, mentre que el negre absorbeix totes les longituds d'ona d'aquest espectre.

El fet de què un objecte absorbeixi algunes longituds d'ona i en reflexi unes altres s'anomena *reflexió selectiva*.

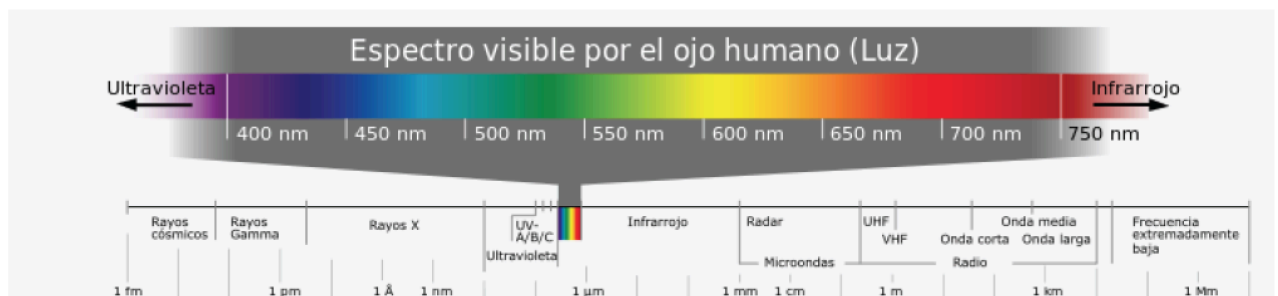


Figura 6. Espectre visible de l'ull humà. Wikipedia

A la imatge superior es pot observar quin és l'espectre visible per l'ull humà. Com es pot veure, només una petita part de les ones són visibles. A mesura de què l'ona és més curta és més agressiva (ultravioleta, raigs X, raigs gamma...).

Com a curiositat dir que el color *magenta* es considera un color extra-espectral, ja que no es troba dins de l'espectre visible i per produir-se es necessita la barreja de l'ona del vermell i la del blau (o violeta).

1.2 La percepció del color

A més, quan parlem de color hem de tenir també en compte les seves tres dimensions que ens ajuden a definir-lo: el to, la saturació i la lluminositat.

El **to** ve determinat per la longitud d'ona dominant. És a dir, parlar del to significa parlar del *color de l'objecte*.

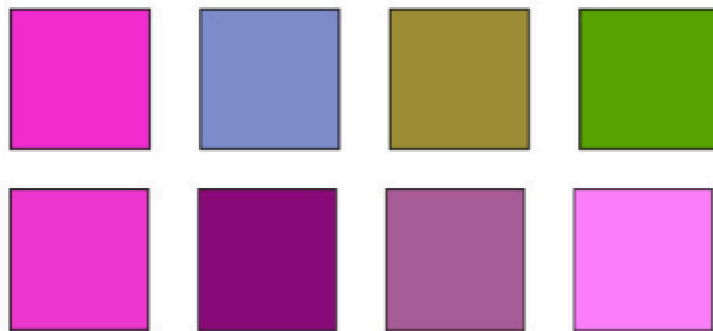


Figura 7. Diferents tons. Formentí i Reverte (2011)

La **saturació** és la presència de color, és a dir, a més saturació més color. Es podria definir com la puresa del color.

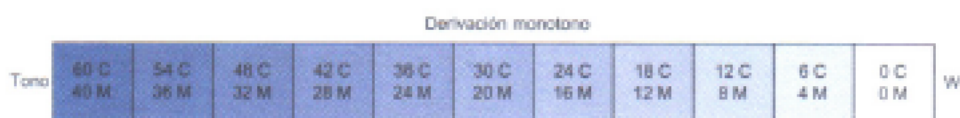


Figura 8. La saturació de d'un to. Formentí i Reverte (2011)

I per últim, la **lluminositat** que és la capacitat de reflexar llum. Quan més negre tingui un to, menys lluminositat tindrà.

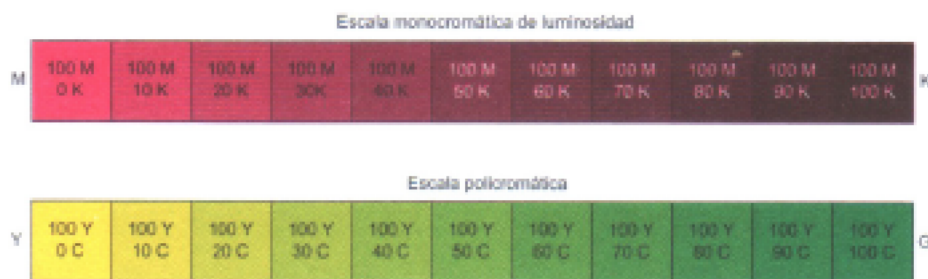


Figura 9. La lluminositat de dos tons. Formentí i Reverte (2011)

En la percepció del color hi juguen quatre factors (Aznar, 2014):

1. La longitud d'ona, tal i com s'ha explicat anteriorment.
2. L'àrea circumdant: segons el color que envolti a un altre color, la percepció d'aquest pot variar.



Figura 10. El color es percep segons el seu entorn. Aquest efecte s'anomena metamerisme. Johansson, Lundberg i Ryberg (2011)

En aquesta imatge podem veure com l'estrella de l'interior dels cercles es percep de color diferent segons el color que l'envolta. Aquesta percepció també passa amb els grisos, blancs i negres.

3. La llum amb la que s'observa un color.

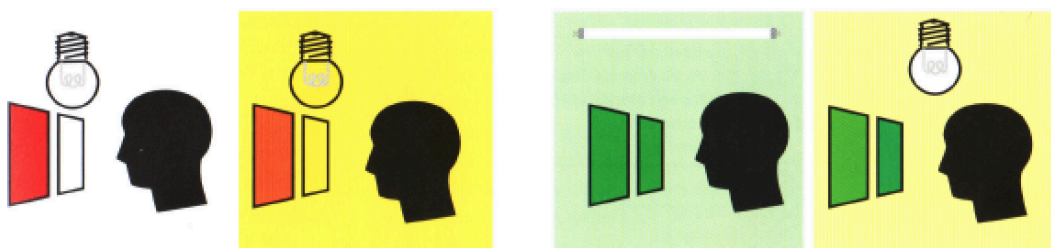


Figura 11. Diferent percepció del color segons la llum. Johansson, Lundberg i Ryberg (2011)

4. L'adaptació de l'ull de l'observador a la llum, que disminueix la sensibilitat dels cons, o a la foscor, que fa augmentar la sensibilitat dels cons. També influeix l'adaptació selectiva a un determinat color, de manera que si hem estat exposats, al menys durant 1 minut, a un determinat color aquest es percebrà amb menys saturació i brillantor que si veiem el color sense aquesta exposició prèvia.

1.3 El daltonisme: deficiències en la percepció del color

Una vegada coneixem què és el color i com el percebem, podem dir que no tothom coneix el color de la mateixa manera i que existeixen una sèrie d'alteracions que poden fer-nos entendre el color de diferent manera.

El **daltonisme** és un trastorn de la visió que dificulta la diferenciació i percepció dels colors. Rep el nom del físic i químic John Dalton (1766-1852), qui va patir i estudiar aquest trastorn.

Els símptomes varien segons la quantitat de pigments que estan absents. El més freqüent és trobar dificultat per diferenciar tons de colors similars, el que s'anomena *dicromatisme*, sobretot la *protanopia* i la *deuteranopia*, que s'explicaran a continuació.

El daltonisme és un trastorn hereditari i no es coneix cap tractament. Els gens que codifiquen els pigments dels cons verds i vermells es troben al cromosoma X, relacionat amb el sexe de les persones, i el dels cons blaus estan al cromosoma 7. El cromosoma X es troba dues vegades en les dones (XX) i una sola en els homes (XY). Si un home hereta un cromosoma X amb aquesta deficiència serà daltònic. En el cas de les dones, només ho seran si els seus dos cromosomes X tenen aquest trastorn, cosa més improbable que en els homes. En cas de què no, seran només portadores podent-ho traspassar als seus fills. El daltonisme d'un home no passarà als seus fills mascles a menys que la mare sigui portadora, però les filles sí que seran portadores del gen.¹

Si el pare és daltònic i la mare no és portadora, els fills no tindran daltonisme però les filles seran portadores perquè hereten el cromosoma X del pare daltònic.

En el cas de què el pare no sigui daltònic però la mare sí sigui portadora, com es veu en la infografia posterior, els fills tindran un 50% de possibilitats de ser daltònics, el mateix percentatge que tindran les filles però de ser portadores o bé no estar afectades pel trastorn.

Per últim, si trobem un pare daltònic i una mare portadora, els seus fills i filles tenen el 50% de possibilitats de veure's afectats. Encara que tots no tinguin el trastorn, les noies continuaran sent portadores. Amb aquesta combinació de progenitors és en l'únic cas on les dones poden arribar a ser daltòniques.

¹ Informació extreta de Test Daltonismo (2016).

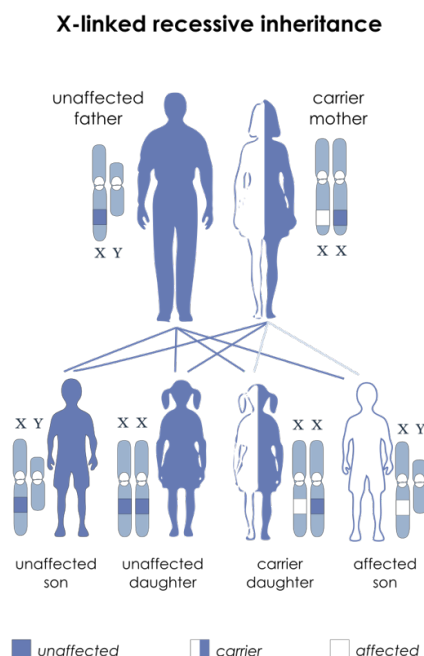


Figura 12. El factor genètic del daltonisme amb un pare no afectat i una mare portadora. Colblindor (2006)

El daltonisme del blau, el menys freqüent, es troba al cromosoma 7 i és independent al sexe, per tant es pot trobar tant en homes com en dones.

Així doncs, el daltonisme afecta aproximadament al 8% de la població mundial masculina i al 0,5% de la població femenina (Pickford, 1963).

No sol portar a molts problemes en la vida quotidiana, però és important el diagnòstic primerenc per evitar problemes d'autoestima del nen. A més, el daltonisme pot portar a que hi hagi certes dificultats per determinades feines: electricistes, cuiners, pilots, pintors o dissenyadors. Tampoc poden ingressar als cossos de policia o de bombers persones amb aquest trastorn.

1.3.1 Tipologia

Existeixen alteracions més lleus, com ara el **tricromatisme anormal**, i d'altres més severes, com pot ser l'**acromatòpsia** que consisteix en la ceguera total del color.

1.3.1.1 Acromatòpsia

També s'anomena *Monocromatisme de bastons*. Es tracta d'una malaltia hereditària i no progressiva que es basa en una disminució de l'agudes visual, en una gran sensibilitat a la llum (*fotofòbia*), en un moviment anormal dels ulls (*nistagmus*) i la característica principal és que veuen amb la total absència de color. És a dir, les persones que la pateixen només perceben el negre, el blanc i els grisos.

Aquest trastorn afecta a 1 de cada 40.000 persones². Ve causada per una anormalitat en la retina, per la limitació de la funcionalitat de les tres tipologies de cons (els que perceben el vermell, el blau i el verd). Actualment no hi ha una cura per aquesta malaltia.

Cal destacar a l'artista **Neil Harbisson**, nascut a Londres però que va créixer a Mataró (Barcelona). És una de les primeres persones en utilitzar l'*eyeborg*, un dispositiu que permet percebre els colors mitjançant les ones del so. A més, és la primera persona del món en ser reconeguda com a *cyborg* pel govern per tenir una antena implantada al crani, que és la que li permet **escoltar els colors**, a més de percebre "colors invisibles" com ara infrarojos o

² Segons la *American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus* (2016).

ultravioletes. També pot rebre imatges, vídeos, música o trucades telefòniques directament al seu cap des d'aparells externs.

Ell mateix anomena a la seva condició visual *sonocromatopsia*. A més, ha desenvolupat la seva capacitat artística i crea composicions acolorides i dóna conferències arreu del món sobre la seva condició.



Figura 13. Neil Harbisson

1.3.1.2 Monocromatisme

Es dóna sobretot el monocromatisme de cons blaus. El problema de les persones afectades per aquest trastorn és que només existeixen cons sensibles al blau, a més dels bastons. Tenen una visió central dolenta, tenen nistagmus, fotofòbia i baixa visió (Rojas i Saucedo, 2012).

També és una malaltia hereditària que només afecta als homes, ja que està lligada al cromosoma X. Afecta a 1 persona de cada 100.000.

1.3.1.3 Dicromatisme

El dicromatisme es basa en què la retina només té dos tipus de cons, estant el tercer absent. Aquí dins trobem tres tipus de trastorns:

- Protanopia: absència de sensibilitat del vermell. Els vermells es tornen més beix i són més foscos del que realment són. Els verds tendeixen a semblar-se als vermells.
- Deuteranopia: absència dels fotoreceptors del color verd. Els resultats són similars als de la protanopia però els vermells no es veuen tan foscos.
- Tritanopia: absència de fotoreceptors del color blau. És la menys freqüent. Els blaus i els verds es poden confondre i els grocs també es veuen afectats ja que poden desaparèixer o tornar-se tons de vermell.



Figures 14, 15, 16 i 17. Visió dels colors segons la deficiència visual. D'esquerra a dreta i de dalt a baix: visió sense cap tipus de problema, visió de la protanopia, visió de la deuteranopia i visió de la tritanopia.

1.3.1.4 Tricromatisme

La visió normal sense problemes es tricromàtica, és a dir, que són sensibles els tres cons. Ara bé, existeix el que s'anomena *tricromatisme anormal*, on la retina té els tres tipus de pigments però un d'ells és inferior o deficient, que no absent. Això porta a una visió del color acceptable però no és l'òptima. Aquí trobem tres tipus de defectes:

- Protanomia: és el defecte parcial del vermell.
- Deuteranomia: defecte parcial del verd.
- Tritanomia: defecte parcial del blau.

1.3.2 Diagnòs del daltonisme

Com existeixen diferents graus de daltonisme, moltes persones poden no arribar a conèixer que tenen aquest problema. Per diagnosticar-lo o avaluar-lo existeixen diversos tests, com ara els tests de làmines pseudo-isocromàtiques, sent el més conegut l'examen del doctor Shinobu Ishihara, professor de la Universitat de Tokio, l'anomenat **test d'Ishihara**.

Aquest test presenta al pacient una sèrie de targetes amb cercles de diferents mides i colors on es pot interpretar un número en el centre, només perceptible per aquelles persones amb una bona visió del color.

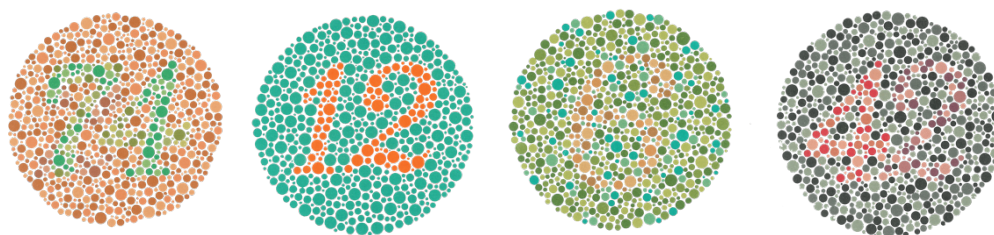


Figura 18. Exemples de test d'Ishihara. Test Daltonismo (2016)

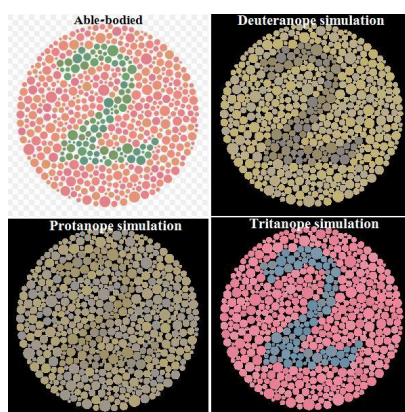


Figura 19. Com veuen el test d'Ishihara els daltònics. De dalt a baix i d'esquerra a dreta: visió normal, visió deuteranòpica, visió protanòpica i visió tritanòpica. Wikipedia

Un altre test que requereix de més temps d'anàlisi és el de **Farnsworth-Munsell**, on el pacient ha d'ordenar una escala de colors de la mateixa gamma. És possible fins i tot realitzar aquest test per internet³.

³ El test de Farnsworth-Munsell es troba a: Colblindor (2006).

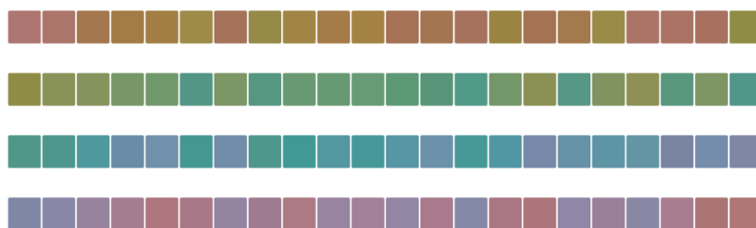
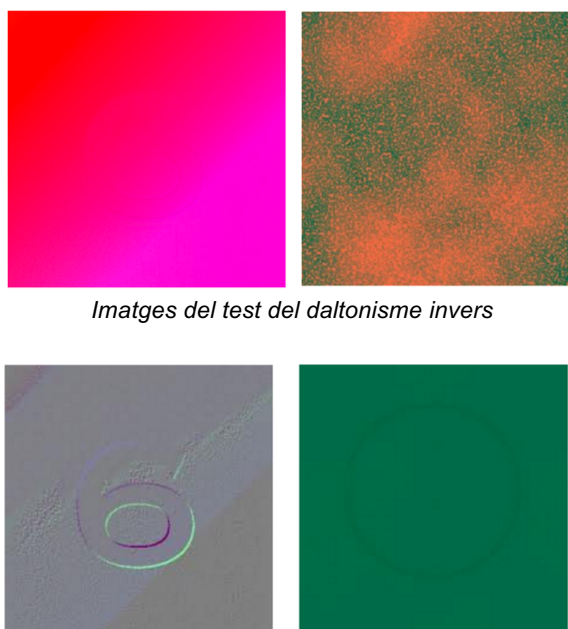


Figura 20. Test de Farnsworth-Munsell, on s'han d'ordenar cadascuna d'aquestes quatre tires de colors

També existeix **el test del daltonisme invers**. És un test on es presenten imatges amb una figura que només poden veure les persones daltòniques.



Imatges del test del daltonisme invers

Figura 21. Solucions a les imatges del daltonisme invers, només seran capaços de veure les figures les persones daltòniques. Test Daltonismo (2016)

En els nens i nenes és important que tant els seus pares com professors i professores estiguin pendents de com pinten els seus dibuixos. El daltonisme pot arribar a crear problemes d'aprenentatge als nens en edat escolar ja que s'utilitzen imatges, gràfics, i quadres didàctics que poden no ser interpretats correctament pels daltònics. Per això, si es detecta algun tipus de problema és important que es comuniqui l'abans possible a l'escola per tal de poder dissenyar material específic per aquests alumnes.



Figura 22. Campanyes d'un hospital per conscienciar de la detecció precoç de la ceguera de colors. "Colorblind kids can see color. They just don't see the same colors we see". Taiba Hospital (2013)

1.3.3 El daltonisme en el disseny

Com s'ha comentat anteriorment, entre les dificultats laborals que pot tenir una persona daltònica és la de poder treballar de dissenyador, en el cas que ens ocupa, de dissenyador gràfic.

El disseny gràfic es basa en quatre fonaments bàsics: la tipografia, les formes, la composició i el color. Per això, un daltònic pot patir certes dificultats a l'hora de crear composicions gràfiques i cal que conegui el seu trastorn per poder treballar amb ell.



Figura 23. Simulació de la visió dels principals logotips comercials segons una persona daltònica

Avui dia, gràcies a la tecnologia, tenim eines que ens permeten adaptar-nos a la visió d'un daltònic ja que és important que els dissenyadors coneguin aquesta problemàtica i adaptin els seus dissenys a tots els possibles espectadors. Sobretot en tots aquells dissenys que necessitin la comprensió del color per poder entendre el missatge.

Per exemple, software molt estès en el món gràfic com pot ser Adobe Photoshop o Adobe Illustrator incorporen l'opció de veure el teu disseny per persones daltòniques amb protanopia o deuteranopia.

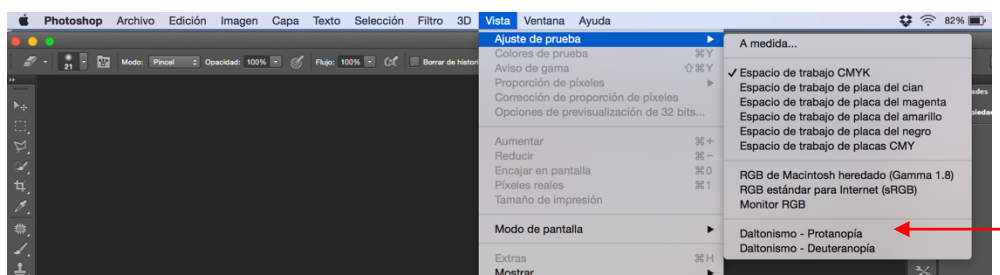


Figura 24. Recurs d'Adobe Photoshop

Un bon dissenyador gràfic, per exemple, evitarà la creació de certes gràfiques amb una paleta de colors massa similars que puguin portar a errors d'interpretació. Cal conèixer que les combinacions vermell-groc i groc-blau són opcions segures perquè les persones amb daltonisme (sobretot amb protanopia i deuteranopia, les més comuns) puguin entendre el color.

Algunes de les recomanacions que proporciona Adobe des del seu web d'ajuda⁴ són les següents:

1. En quant al color:
 - El vermell pur es percep com a fosc; el vermell ataronjat, en canvi, és més fàcil de reconèixer.
 - El verd blavós resulta menys confús que el verd groguenc.
 - El gris pot ser confós amb el magenta, el rosa pàl·lid, el verd pàl·lid o el verd esmaragda.
 - Sempre que sigui possible, evitar les combinacions: vermell amb verd, groc amb verd, blau clar amb rosa i blau fosc amb violeta.
 - Evitar els vermells sobre fons de colors foscos o elements blancs sobre fons grocs o vermells ataronjats.
2. Utilitzar formes o motius variats.
3. Incloure perfils blancs, negres o de colors foscos als límits dels colors.
4. Utilitzar estils o famílies tipogràfiques diferents per la jerarquització tipogràfica.

Aquestes recomanacions per dissenyadors són aplicables a qualsevol docent que prepari material pels seus alumnes daltònics, per tal d'ajudar-los en la comprensió de l'activitat que inclogui la identificació de color.

Una altra eina és la de Color Oracle⁵, una aplicació que converteix un disseny a una paleta de colors que simula la que poden veure les persones amb ceguesa de colors.

De fet, en alguns països hi ha pautes perquè les gràfiques en els espais públics segueixin un disseny universal de colors, que garanteixi que la informació s'entengui per totes les persones, incloent aquelles amb trastorns visuals.

Es tracta de realitzar un Disseny Centrat en l'Usuari (DCU), és a dir, un disseny centrat en l'usuari final, on cada etapa ha de tenir present aquest usuari final i les seves necessitats, característiques i objectius.

Ser daltònic i dissenyador o treballar amb el color no és impossible. Grans dissenyadors eren i són daltònics. Com per exemple el gran Herb Lubalin (1918-1981) o el dibuixant d'Asterix, Albert Uderzo. O com s'ha dit abans, Neil Harbisson, reconegut artista tot i la seva acromatòpsia. Cal recordar que el color es pot traduir a números (gràcies a la colorimetria) i per tant la seva comprensió pot estar lligada a aquest codi numèric i als diferents espais de color que existeixen per representar-lo.



Figura 25. Creacions de Herb Lubalin. Herb Lubalin

⁴ Extretes de: Adobe (2016). Pruebas de colores.

⁵ Color Oracle (2016).

DESCRIPCIÓ DE LA SOLUCIÓ PROPOSADA

2. El daltonisme en l'educació

La temàtica del daltonisme en l'educació secundària està poc estudiada. Les investigacions que apareixen es centren sobretot en l'educació infantil i primària, on l'ús del color és de gran importància per adquirir coneixements, com per exemple *l'aprenentatge de conceptes verbals i matemàtics*, la *representació de l'espai*, l'*orientació temporal*, activitats de *pre-lectura* o activitats d'*Educació Vial*⁶, on l'aprenentatge ve recolzat pel color.

Per exemple, un estudi de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) anunciava que hi ha llibres escolars de matemàtiques que poden dur a problemes per els nens daltònics (Bofill i Torrents, 2010). En aquest estudi es van analitzar 70 llibres de 12 editorials espanyoles de tres temàtiques diferents: matemàtiques, llengua catalana i llengua castellana. Hi van participar 88 centres educatius catalans. Es va arribar a la conclusió de què els colors utilitzats en una mateixa activitat dels llibres de matemàtiques són difícils de diferenciar pels nens i nenes daltònics. En canvi, l'ús del color en els llibres de llengua era l'adequat.

Editorials com Cruïlla, Edebé o Santillana es van comprometre a millorar els seus continguts al percebre que entre el 8% i el 11% de les seves pàgines no era comprensible pels daltònics.



Figura 26. Una de les activitats analitzades no adequada per nens daltònics. El Mundo (2010)

La solució a la que apunta aquest estudi i els autors de l'estudi de la UPC es basa en el redisseny de les activitats incloent figures geomètriques o tenint en compte la combinació de colors que s'utilitzen intentant evitar, per exemple "*pomes vermelles i pomes verdes*". Aconsellen "*combinar, per exemple, el blau amb el groc o amb el taronja, evitant el vermell amb el verd o el groc*" (Bofill i Torrents, 2010).

Els alumnes amb problemes visuals poden presentar conductes problemàtiques, tals com la falta de motivació, inseguretat, tendència a l'aïllament, falta de concentració, desorientació, frustració, negació a rebre ajuda... (Timón i Cárdenas, 2010).

Segons Timón L.M i Cárdenas J. (2010) hi ha tres tipus de comportaments que poden adoptar els alumnes amb aquestes dificultats. En primer lloc estan els alumnes que són realistes i afronten la seva situació intentant explotar al màxim les seves possibilitats de manera positiva. En segon lloc estan els alumnes que es refugien en el fracàs i no es veuen capaços d'enfrontar-se a les dificultats que pateixen. I en tercer lloc trobem aquells alumnes que intenten amagar els seus problemes demostrant que no necessiten ajuda de ningú.

⁶ Temàtiques que apareixen a: Montanero, et al. (2003). Daltonismo y rendimiento escolar en la Educación Infantil. *Revista de Educación*, 330, 449-462.

Aquests autors proposen orientacions que poden ser-ne útils a l'hora de tractar amb alumnes amb problemes visuals. Aquelles que es poden aplicar directament als nois i noies amb ceguesa de colors són les següents:

- No marginar a l'alumne de cap activitat, cal buscar mètodes i mitjans perquè pugui desenvolupar l'activitat de forma natural.
- El professor o professora no ha de donar cap tipus de tractament especial a l'alumne, aplicant-li les mateixes normes de conducta que a la resta de companys.
- El professor o professora ha d'intentar normalitzar la situació d'aquests alumnes per tal de què això es transmeti a la resta de nois.
- Cal tenir present que aquests alumnes poden ser més lents en l'elaboració de segons quines activitats.

2.1 El mètode ColorADD

Tal i com es recomanava des de l'estudi de Bofill i Torrents (2010) de l'UPC, l'ús de figures geomètriques pot ser una possible solució per que els alumnes amb daltonisme puguin ser capaços de distingir els colors.

Actualment existeix el sistema **ColorADD**, creat pel dissenyador portuguès Miguel Neiva. Es tracta d'un codi de colors únic, universal, inclusiu i no discriminatori que ajuda als daltònics a reconèixer els colors a través de tres símbols gràfics, que es corresponen amb els tres colors primaris: el vermell (magenta), el groc i el blau (cian). El blanc i el negre es representen amb un quadrat que ajudarà a posar gràficament els colors amb més o menys saturació i lluminositat.

Neiva parla del seu treball com que *"els símbols que inclouen els colors es converteixen en un joc mental, fàcil de memoritzar i aplicar en situacions quotidianes. ColorADD és una eina democràtica i inclusiva que apropa el color i el disseny a tots"*.⁷

A partir de la teoria de la síntesis sostractiva del color, apresada pels nens i nenes des de ben petits, aquests símbols es poden anar relacionant per crear noves figures que es relacionen amb nous colors.



Figura 27. Símbols bàsics del sistema ColorADD. Neiva (2015)

A partir de la unió de dos colors primaris es poden obtenir els colors secundaris. I unint colors secundaris amb altres de primaris s'obtiniran nous colors.

⁷ Asociación Doce (2015).

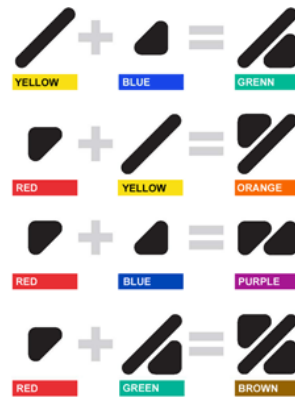


Figura 28. Unió de colors primaris però obtenir els secundaris. Neiva (2015)

Per tant el codi és el següent:

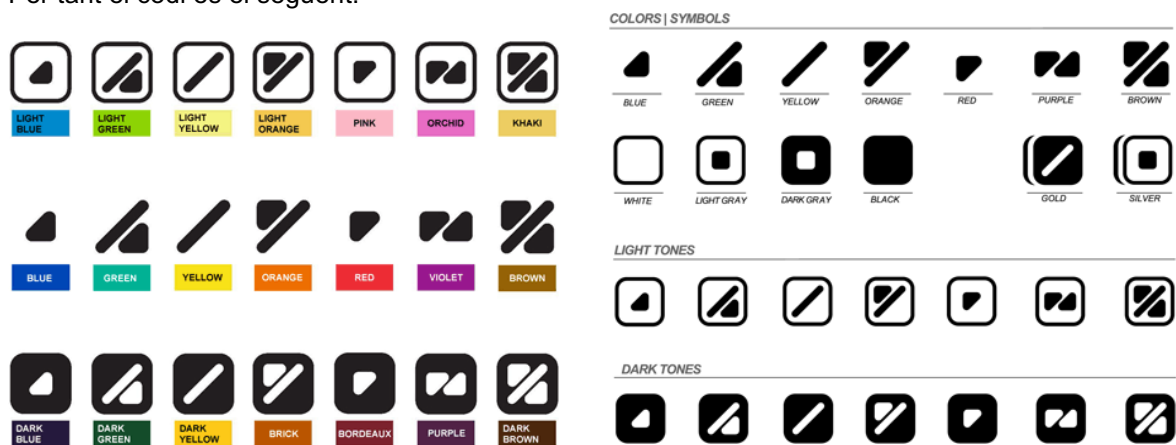


Figura 29. Representació gràfica dels diferents colors. Neiva (2015)

Aquest sistema també compta amb el suport d'una **aplicació** mòbil gratuïta, la qual permet a les persones daltòniques identificar els colors que l'envolten mitjançant aquest mètode.

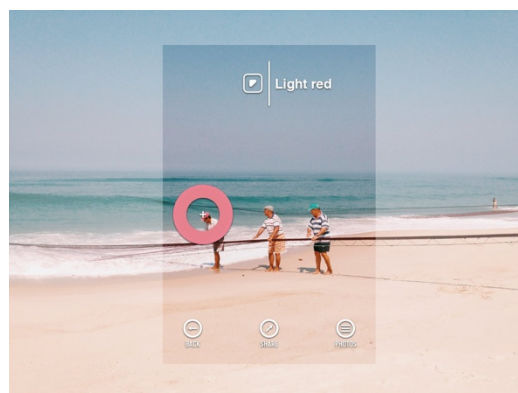


Figura 30. Aplicació per a mòbil de ColorADD. Neiva (2015)

2.1.1 Les xifres

Al web de ColorADD⁸ apareix la justificació que dóna en Miguel Neiva a la creació d'aquest codi.

Argumenta que hi ha a prop de 350 milions de persones daltòniques al món, és a dir, aproximadament el 10% de la població masculina pateix aquest trastorn. Ara bé:

- El 37% dels daltònics no coneixen quin tipus de daltonisme pateixen.
- El 64% considera que el major problema és la confusió entre colors.
- El 59% només identifica alguns colors.
- El 22% no veu alguns colors.
- El 51% no coneix cap manera per poder veure els colors.
- El 42% considera que els hi és difícil la integració social.
- El 90% ha de demanar ajuda a l'hora de comprar la roba.
- El 88% necessita demanar ajuda a l'hora de triar la roba que es posa en el dia a dia.

2.1.2 Utilització del codi

Aquest codi de colors està pensat per poder-se utilitzar en diferents àmbits, com poden ser el de l'educació, el dels transports, el de la sanitat, el de l'accessibilitat, així com altres àmbits més del dia a dia com en el mercat tèxtil, el d'objectes quotidians, etc.

Actualment, la marca portuguesa de colors Viarco comercialitza llapis de colors que integren aquest sistema, els quals poden ser de gran utilitat pels nens i nenes d'infantil i primària per començar a conèixer els colors i identificar-los amb aquest sistema. Viarco ha venut més de 300.000 llapis especials en més de 25 països.

També s'han creat manuals per les escoles per comprendre i ensenyar, si cal, aquest sistema.



Figura 31. Colors de la marca Viarco amb el sistema ColorADD. Neiva (2015)



Figura 32. Manuals per entendre el sistema ColorADD. Neiva (2015)

En l'àmbit dels transports també s'ha implementat, així com en el de la senyalètica. El metro i l'ajuntament d'Oporto, l'hospital de Sao Joao i altres 17 consistoris de l'àrea metropolitana ja utilitzen aquest sistema en les seves instal·lacions. També les cadenes de supermercats Continente.

També es troba cada vegada més present en Ecopunts de gestió de residus, etiquetes nutricionals, museus, packaging...

⁸ ColorADD: <http://coloradd.net/index.asp>

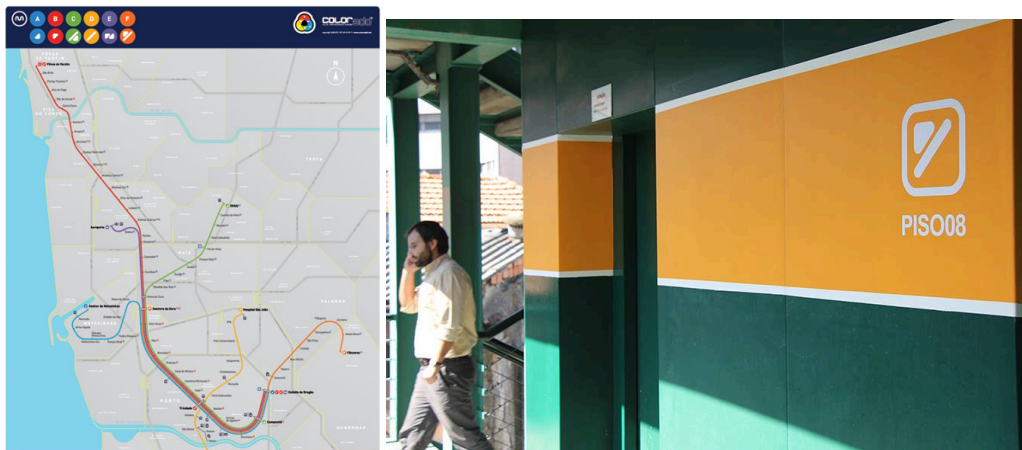


Figura 33. Aplicacions del sistema. Neiva (2015)

El següent pas, després d'implementar-se aquest sistema de forma molt ràpida a Portugal, és començar a aparèixer en el mercat espanyol.

3. Posada en pràctica del sistema ColorADD

Després d'obtenir informació sobre un centre de secundària de Barcelona (on s'imparteix batxillerat i formació professional) sobre quines mesures es prenen per facilitar o ajudar l'aprenentatge dels colors, he arribat a la conclusió de què podria ser interessant instaurar el sistema ColorADD ja que en l'actualitat no es segueix cap mètode per ajudar als daltònics en l'aprenentatge de les Arts Gràfiques. Ara bé, sí que existeix la inquietud de conèixer algun per posar-lo en pràctica. Així doncs la intenció del següent protocol d'estudi és veure si aquest sistema podria arribar a funcionar en la formació professional, concretament a la família d'Arts Gràfiques, on el color és una de les peces fonamentals.

Per realitzar aquest protocol d'estudi, es parteix d'una hipòtesi inicial que es buscava afirmar o rebatre amb els resultats d'un futur estudi.

El sistema ColorADD es pot aplicar als ensenyaments d'Arts Gràfiques perquè ajuda a les persones amb daltonisme a identificar els colors.

La mostra de l'estudi haurien de ser tots aquells alumnes daltònics que estiguin cursant formació professional, tan de grau mig com de grau superior, en un mateix curs acadèmic.

També afegir que a continuació es detalla un procediment teòric ja que al centre on he pogut consultar només vaig rebre resposta d'un noi que finalment va deixar d'assistir a classe i que no em va donar la possibilitat de parlar amb ell mitjançant correu electrònic, per la qual cosa em va ser difícil posar en pràctica el següent protocol d'estudi.

3.1 Material i procediment

L'estudi es basa en dos tipus d'instruments d'avaluació, basats en una pràctica habitual que es realitza amb els alumnes de grau mig i grau superior: la reproducció d'un element real amb un software de disseny, concretament, Adobe Illustrator.

En la primera part es demana que els participants reproduïxin uns colors a partir d'un original imprès. Seguidament, es realitza el mateix procediment però amb l'ajuda del sistema ColorADD per veure si entre la primera pràctica i la segona s'observen diferències i quines diferències. Fent aquesta prova, el professor/a podria determinar quins són els colors que pitjor percep l'alumne i tenir-ho en compte des d'aquell moment pel disseny de les posteriors pràctiques i projectes.



Figura 34. Mostra de l'original a reproduir amb l'ajuda del sistema ColorADD

En la segona part, l'alumne ha de fer un autoretrat, amb Adobe Illustrator, a partir d'una fotografia. Es tracta d'una pràctica habitual en els ensenyaments d'Arts Gràfiques. A continuació se li

proporciona la mateixa fotografia amb els colors detallats amb el sistema ColorADD. L'alumne haurà de corregir el retrat que ha realitzat.



Figura 35 i 36. A l'esquerra, Imatge real i a la dreta, imatge de com veu una fotografia una persona amb protanopia

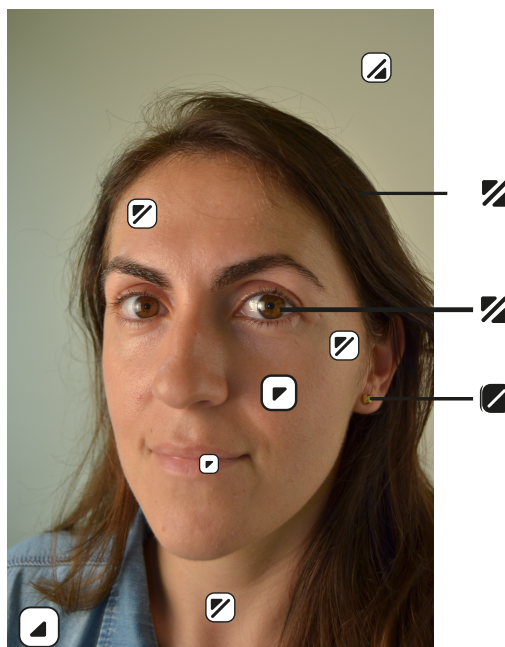


Figura 37. Mostra de la imatge que ha de donar el docent a l'alumne per realitzar la pràctica

Podem trobar un exemple d'aquesta fitxa d'activitat dins de l'annex 1, en dues versions: la que s'entregaria als alumnes sense necessitats especials de visió i la que es donaria als alumnes daltònics. Val a dir que s'inclouen aquestes fitxes ja que estem davant d'una pràctica que poden realitzar tots els alumnes al llarg dels seus estudis.

A l'annex 2 es troba la programació d'aquesta activitat en el cas de què es realitzi en els estudis d'Arts Gràfiques i es faci ús de les fitxes d'activitat.

A l'annex 3 podem trobar la primera i la segona part d'aquest estudi al complet: què se li entregaria a l'alumne i també què hauria d'omplir.

A partir d'aquí, es tracta d'analitzar el nivell de millora aconseguit amb el sistema ColorADD per poder afirmar o rebatre la hipòtesis plantejada.

En el cas de què la hipòtesis quedés anul·lada i que aquest sistema no acabés d'ajudar a l'alumnat de formació professional d'Arts Gràfiques es podrien plantejar dues solucions possibles: la primera d'elles seria la d'ampliar aquest sistema amb més símbols gràfics, i la segona seria la combinació del mètode ColorADD amb la colorimetria.

La primera solució podria suposar una complexitat per l'alumne ja que la gran quantitat de colors que l'ull humà és capaç de percebre s'hauria de convertir en un llenguatge de símbols gràfics molt extens i difícil de memoritzar.

La segona solució fa referència a la colorimetria, que és, segons Sánchez Muñoz (2015), "l'estudi científic dels aspectes quantificables i mesurables del color. Es basa en els models dimensionals de descripció del color". És a dir, es tracta d'estudiar el color a través de la seva lectura mitjançant instruments d'alta precisió (densitòmetre, colorímetre i espectrofotòmetre) i la lectura d'aquests resultats.

Tal i com es va veure en la primera part d'aquest treball, la percepció del color varia segons cada persona, per això és necessari poder mesurar el color i representar-lo gràficament dins de diferents espais. Un dels més utilitzats i fàcils de llegir i representar és l'espai de color CIE Lab, que permet classificar el color en un espai tridimensional.

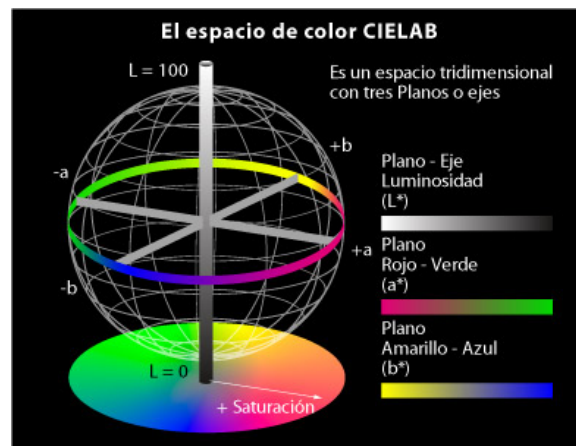


Figura 38. Representació gràfica de l'espai de color CIE Lab. Westland (2001)

L'eix de la L fa referència a la lluminositat, que va del 0% (negre) al 100% (blanc). Els altres eixos són el de l'a, que va del vermell al verd, i l'eix de la b, del groc al blau. Ambdós es mesuren en graus. Donant un valor numèric en aquest sistema pot arribar a donar una visió aproximada de quin color podem estar parlant.

Per exemple, el valor Lab de 80%, +8°, +45° faria referència a un groc.

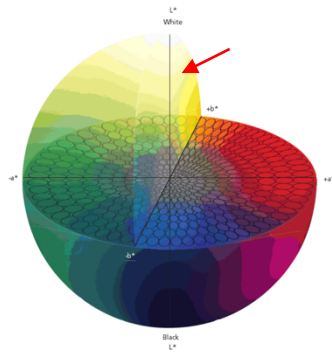


Figura 39. Representació gràfica d'un color groc segons l'espai de color CIE Lab. Xrite (2015)

El coneixement de la colorimetria és complexa i no es contempla dins dels currículums de grau mig, sí als de grau superior. Així doncs, per fer-ho accessible a tots els alumnes es podria donar la combinació del mètode ColorADD i del sistema CIE Lab: gràcies al primer es podria aclarir quina és la dominant de color de forma ràpida i senzilla (vàlida pels alumnes de grau mig) i amb el segon s'acabaria d'aclarir quin tipus de groc és el que tenim davant (vàlida també pels alumnes de grau superior).

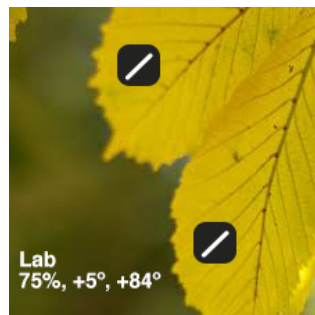


Figura 40. Exemple de la combinació de ColorADD i CIE Lab

Així doncs, aquesta proposta podria acabar d'ajudar als alumnes daltònics de formació professional a entendre el color i tots els seus matisos de color.

CONCLUSIONS

Un cop realitzada aquesta visió global sobre què és el color, com el percebem i quin és el principal problema que poden tenir les persones envers ell, es pot arribar a la conclusió de què l'aprenentatge i la comprensió del color pot variar segons cada individu. En el cas dels daltònics, la percepció del color varia parcial o totalment, doncs aprendre a diferenciar cadascun dels colors pot suposar un problema ja des de l'escola primària on es comença a entendre i identificar el color.

Avui dia existeixen una gran quantitat d'eines molt potents que poden ajudar als dissenyadors gràfics a crear codis de color adequats per daltònics, que poden ajudar a conèixer quines combinacions de color són les més adequades per la seva comprensió. Ara bé, coneixent la professió des de dins i fixant-nos en el món que ens envolta, podem saber que poques vegades es té en compte un daltònic a l'hora de crear codis de color.

Ara bé, en quant a aquestes eines, no existeixen gaires perquè aquestes persones amb ceguera de colors siguin les professionals del món del disseny i puguin desenvolupar una tasca eficaç i correcte.

El sistema ColorADD pot ajudar a entendre el color, doncs està especialment pensat per a persones amb acromatòpsia, monocromatisme i dicromatisme ja que a partir de símbols gràfics i la combinació d'ells es pot conèixer davant de quin color està. Això pot ajudar als daltònics en diferents àmbits: transports, senyalètica, alimentació... i per suposat en l'educació.

Cal tenir en compte que el control del color cal que sigui acurat per qualsevol dissenyador gràfic i el sistema ColorADD arriba només fins a la identificació dels colors bàsics, sense matisos i dominants. L'ull humà pot arribar a veure milions de colors durant el dia, i aquest sistema només representa 7 colors, amb les seves variants en fosc i clar, el negre, el blanc, l'or i el plata. Així doncs, tot i que en aquest treball només s'ha detallat un protocol d'estudi per veure el funcionament del sistema, considero que aquest s'hauria de poder ampliar a més colors per poder representar millor la realitat i que arribi a servir realment d'ajuda a un alumne d'Arts Gràfiques que vulgui ser dissenyador gràfic o especialista en producció gràfica. Una possible solució que apunto seria la de la combinació d'aquest sistema amb les lectures colorimètriques del color, és a dir, lectures basades en números.

Així doncs, per futurs estudis es deixa la posada en pràctica del mètode ColorADD a partir de la investigació establerta en aquest estudi per conèixer si aquest sistema és o no eficaç per estudiants de secundària i formació professional, sobretot a la família d'Arts Gràfiques on, com s'ha dit abans, l'estudi i el domini del color és primordial, i poder així comprovar o descartar la hipòtesis de l'estudi.

BIBLIOGRAFIA

Adobe (2016). Pruebas de colores. Obtingut el 25 març de 2016, de http://help.adobe.com/es_ES/creativesuite/cs/using/WS3F71DA01-0962-4b2e-B7FD-C956F8659BB3.html

Alcalde-Alvites, M. (2015). Daltonismo y uso del computador en educación a distancia. *Hamut'ay*, 1. 32-48.

American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus (2016). Obtingut el 23 de març de 2016, de <http://www.aapos.org/>

Asociación Doce (2015). Obtingut el 7 d'abril de 2016, de <https://asociaciondoce.com/2015/08/17/el-codigo-braille-para-daltonicos-se-inventa-en-el-siglo-xxi/>

Aznar, J. A. (2014). Psicología de la percepción visual. Obtingut el 15 de maig de 2016, de <http://www.ub.edu/pa1/>

Bofill F. i Torrents A., UPC. (2010). Algunos libros escolares de matemáticas causan problemas a los alumnos con daltonismo. Obtingut el 15 de maig de 2016, de <http://www.upc.edu/saladeprensa/al-dia/mes-noticias/2010/algunoslibrosescolares-de-matematicas-causan-problemas-a-los-alumnos-con-daltonismo>

Colblindor. (2006). The Biology behind Red-Green Color Blindness. Obtingut el 10 de maig de 2016, de <http://www.color-blindness.com/2006/03/07/the-biology-behind/>

Color Blindness (s.f.). A Wikipedia. Obtingut el 20 d'abril de 2016, de https://en.wikipedia.org/wiki/Color_blindness

Color Oracle (2016). Obtingut l'1 d'abril de 2016, de <http://colororacle.org/>

David, H., Kanwaljit, D., James, B. i John, M. (1995). The Chemistry of John Dalton's Color Blindness. *SCIENCE*, 267, 984-988.

Espectro visible. (s.f.) A Wikipedia. Obtingut el 23 d'abril de 2016, de https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_visible

Formentí, J. i Reverte, S. (2011). *La imagen gráfica y su reproducción*. Barcelona: Ediciones CPG.

Johansson, K., Lundberg, P. i Ryberg, J. (2011). *Manual de producción gráfica recetas*. Barcelona: Gustavo Gili.

Mandal, A. (2014). Clasificación de las Deficiencias de la Acromatopsia. Obtingut el 20 de maig de 2016, de [http://www.news-medical.net/health/Classification-of-Color-Blindness-Deficiencies-\(Spanish\).aspx](http://www.news-medical.net/health/Classification-of-Color-Blindness-Deficiencies-(Spanish).aspx)

Menéndez Díaz, J. (2014). Ser daltónico para ver más. Hipótesis para explicar las ventajas evolutivas de ser daltónico. Obtingut el 16 d'abril de 2016, de http://digital.csic.es/bitstream/10261/96086/1/Daltonismo_Menendez.pdf

Montanero, M., Díaz, M.F., Pardo, P., Palomino, M. I., Gil, J., Pérez, A. L. i Suero, M. I. (2003). Daltonismo y rendimiento escolar en la Educación Infantil. *Revista de Educación*, 330, 449-462.

Murch, G. M. (1984). Physiological Principles for the Effective Use of Color. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 4, 49-54.

Neiva, M. (2015). ColorADD. Color Identification System. Obtingut el 10 de març de 2016, de <http://coloradd.net/index.asp>

Pelayo, A. (2010). Incompatibilidad entre el daltonismo y los libros de matemáticas. *El Mundo*. Obtingut el 14 d'abril de 2016, de <http://www.elmundo.es/elmundo/2010/10/01/barcelona/1285946563.html>

Pickford, R. W. (1963). Natural Selection and color blindness. *The eugenics Review*. 55, 97-101.

Rojas Juárez, S. i Saucedo Castillo, A. (2012). *Retina y Vítreo*. México: Editorial El Manual Moderno.

Sánchez Muñoz, G. (2015). Colorimetria. Obtingut el 15 de maig de 2016, de <http://www.glosariografico.com/colorimetria>

Taiba Hospital (2013). Obtingut el 3 d'abril de 2016, de <http://www.taibahospital.com/>

Test Daltonismo (2016). Obtingut el 10 de març de 2016, de <http://testdaltonismo.com/>

Timón, L.M. i Cárdenas, J. (2010). *Atención a la diversidad en la Secundaria Obligatoria. Propuestas educativas para su desarrollo en el marco escolar*. Sevilla: Wanceulen Editorial.

Umanzor, J. C. (2009). Astrofotografía. Obtingut el 15 d'abril de 2016, de http://www.acodea.org/blogs/juan_carlos_umanzor.php.

Westland, S. (2001). Qué es el espacio CIE Lab. Obtingut el 20 de maig de 2016, de http://www.gusgsm.com/espacio_color_cie_lab

X-rite (2015). Tolerancing in flexo and offset Printing. Obtingut el 15 de maig de 2016, de <http://blog.xrite.com/tolerancing-in-flexo-and-offset-printing/>